

« PROCEDE DE MOULAGE DE PIECES DE FONDERIE, NOTAMMENT DE BLOCS-MOTEURS, EN ALLIAGE LEGER »

La présente invention concerne d'une façon générale la coulée de pièces de fonderie en alliage léger, principalement à base d'aluminium.

5 On connaît diverses techniques de fonderie, pour l'essentiel par le haut du moule en mode gravité et par le bas du moule en mode basse pression. On connaît également divers types de moules, principalement les moules en sable et les moules métalliques.

10 L'utilisation de la coulée en moule métallique par gravité présente des intérêts pour la production de pièces de fonderie telles que des blocs-moteurs en alliage d'aluminium pour des moteurs à combustion de véhicules automobiles ou autres. En particulier, un tel procédé est
15 adapté à une demande de petites et moyennes séries, car il est très modulaire et permet de minimiser la consommation de sable chimiquement lié grâce à l'utilisation de parois de moule en métal.

Comparée à la technique de coulée dans des moules en
20 sable à vert, la technique de la coulée par gravité en moule métallique présente l'avantage d'un coût d'investissement progressif, adapté et ajustable aux besoins réels de la production.

Cependant le procédé de coulée de bloc-moteurs par
25 gravité en moule métallique, tel qu'il est conventionnellement pratiqué, ne permet pas d'obtenir simultanément et de façon robuste une haute qualité métallurgique dans des régions de la pièce telles que les paliers de vilebrequin (régions qui sont les plus sensibles
30 du point de vue de la résistance à la fatigue) et un

contrôle dimensionnel adéquat des formes intérieures les unes par rapport aux autres.

En effet, si l'on cherche à favoriser l'un de ces objectifs, c'est nécessairement au détriment de l'autre.

5 Par exemple, et maintenant en référence à la figure 1 des dessins, si on réalise la coulée d'un bloc moteur en V par gravité, avec les paliers de vilebrequin PV en partie supérieure, on se trouve dans une situation particulièrement favorable pour la maîtrise dimensionnelle
10 des fûts, notamment quand on veut surmouler des chemises insérées à la coulée.

En effet, la base du moule permet de placer tous les dispositifs de guidage des broches métalliques qui formeront les fûts directement au contact de l'alliage
15 solidifié, ou encore des broches métalliques qui serviront de support aux chemises CH placées sur ces broches de fûts et elles-mêmes surmoulées par l'alliage liquide.

De la même façon cette base du moule peut servir de support très pratique pour le positionnement de noyaux
20 intérieurs tels que ceux destinés à former les circulations d'eau.

Cependant, on observera que ces avantages de la coulée du bloc avec les paliers de vilebrequin vers le haut sont tempérés par le fait que les paliers de vilebrequin étant
25 sous les masselottes MA, ils présentant une qualité métallurgique (notamment en termes de microporosité), des caractéristiques mécaniques et une tenue en fatigue significativement réduites par rapport à ce qui pourrait être obtenu avec un refroidissement plus rapide de
30 l'alliage.

Si par contre on coule le bloc-moteur avec le moule positionné dans l'autre sens (c'est-à-dire avec les paliers

de vilebrequin vers le bas) dans le but de favoriser l'obtention de microstructures et de propriétés améliorées dans ces zones critiques en termes de fatigue, on se heurte à d'autres difficultés si l'on a recours à la coulée par gravité conventionnelle.

En effet, et maintenant en référence à la figure 2 où l'on a représenté le moule schématiquement en coupe, il faudrait alors prévoir et positionner un système de broches métalliques permettant d'assurer le démoulage selon les deux directions D et D' illustrées sur la figure 2, ou encore un système de broches porte-chemises, dont l'intégration nécessaire avec un système de masselottage serait extrêmement difficile à réaliser.

C'est pourquoi une telle approche n'est pratiquement pas utilisée.

La présente invention a pour but de pallier ces limitations de l'état de la technique connue, et à proposer un procédé de coulée amélioré qui permette d'une part d'atteindre les objectifs d'optimisation des caractéristiques mécaniques, notamment en fatigue, dans des régions telles que des paliers de vilebrequin d'un bloc-moteur, et d'autre part d'atteindre également les objectifs de maîtrise dimensionnelle des fûts correspondants en particulier lorsque ces paliers comportent des chemises insérées à la coulée.

Elle propose à cet effet, selon un premier aspect, un procédé de coulée d'une pièce en alliage métallique tel qu'un alliage d'aluminium, et tout particulièrement de coulée d'un bloc-moteur de moteur à combustion interne à cylindres, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- former un noyau possédant au moins un fût destiné à former dans la pièce un cylindre et au moins une cavité destinée à former dans la pièce une zone d'appui et/ou de retenue pour un organe de travail tel qu'un vilebrequin, et
5 au moins un refroidisseur au proche voisinage de la cavité,

- positionner le noyau dans une cavité de moule métallique, et

- alimenter le moule garni de son noyau en alliage liquide par gravité.

10 Certains aspects préférés, mais non limitatifs, du procédé selon l'invention sont les suivants :

- le noyau est formé par assemblage rigide d'un ensemble de tronçons de noyau.

- le positionnement du noyau est réalisé en positionnant les tronçons individuels dans le moule dans
15 des positions de référence respectives par rapport au moule, puis en solidarisant les tronçons entre eux.

- la solidarisation des tronçons entre eux est réalisée en fixant une ou plusieurs banquettes sur les
20 tronçons.

- la solidarisation des tronçons comprend une mise en appui des tronçons entre eux au niveau de surfaces d'appui.

- les surfaces d'appui sont prévues au niveau de refroidisseurs appartenant aux tronçons respectifs.

25 - le ou chaque refroidisseur est intégré au noyau au cours de la formation dudit noyau.

- le ou chaque refroidisseur est rapporté dans le noyau après la formation dudit noyau.

- la ou chaque cavité est définie au pions
30 partiellement par un refroidisseur.

- le ou chaque refroidisseur prévu dans le noyau est situé dans une région du noyau opposée à une région de masselottes du moule.

- le refroidisseur ou au moins un refroidisseur est en appui sur une semelle du moule.

Selon un deuxième aspect, la présente invention propose un moule pour la coulée d'une pièce en alliage métallique tel qu'un alliage d'aluminium, et tout particulièrement la coulée d'un bloc-moteur de moteur à combustion interne à cylindres, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une enveloppe métallique définissant une cavité de moule,
- 15 - un noyau possédant au moins un fût destiné à former dans la pièce un cylindre et au moins une cavité destinée à former dans la pièce une zone d'appui et/ou de retenue pour un organe de travail tel qu'un vilebrequin, et au moins un refroidisseur au proche voisinage de la cavité,
- 20 - des moyens de positionnement du noyau dans la cavité de moule, et
- un masselottage dans une région supérieure du moule pour son alimentation en alliage liquide par gravité.

Certains aspects préférés, mais non limitatifs, du moule défini ci-dessus sont les suivants :

- 25 - le noyau comprend un assemblage rigide d'un ensemble de tronçons de noyau.
- les moyens de positionnement du noyau sont aptes à positionner les tronçons individuels dans le moule dans des positions de référence respectives par rapport au moule, et
- 30 il est prévu des moyens de solidarisation des tronçons entre eux.

- le noyau comprend une ou plusieurs banquettes fixées sur les tronçons et aptes à solidariser les tronçons entre eux.

5 - les tronçons de noyau comprennent des surfaces d'appui mutuel des tronçons.

- les surfaces d'appui sont prévues au niveau de refroidisseurs appartenant aux tronçons respectifs.

- le ou chaque refroidisseur est intégré au noyau au cours de la formation dudit noyau.

10 - le ou chaque refroidisseur est rapporté dans le noyau après la formation dudit noyau.

- la ou chaque cavité est définie au points partiellement par un refroidisseur.

15 - le ou chaque refroidisseur prévu dans le noyau est situé dans une région du noyau opposée à une région de masselottes du moule.

- le refroidisseur ou au moins un refroidisseur est en appui sur une semelle du moule.

20 - l'enveloppe de moule est dépourvue de circuits de refroidissement.

D'autres aspects, buts et avantages de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée suivante d'une forme de réalisation préférée de celle-ci, donnée à titre d'exemple non limitatif et faite
25 en référence aux dessins annexés, sur lesquels, outre les figures 1 et 2 déjà décrites :

les figures 3a et 3b sont des vues schématiques en perspective de deux possibilités de réalisation d'un paquet de noyaux utilisable dans un procédé selon l'invention,

30 la figure 4 est une vue schématique en perspective partielle d'une semelle et d'un refroidisseur appartenant à un moule selon l'invention

la figure 5 est une vue en coupe transversale d'un moule selon l'invention,

la figure 6 illustre en coupe transversale une étape de positionnement d'un paquet de noyaux dans le moule, et

5 la figure 7 illustre en coupe transversale une étape de fixation d'une banquette sur le paquet de noyaux.

En référence tout d'abord à la figure 3a, on a représenté un paquet de noyaux central destiné à participer à la coulée d'un bloc-moteur en V de moteur à combustion, ce bloc-moteur comportant des chemises CH et des refroidisseurs RE intégrés lors du tir du noyau.

Plus précisément, ce paquet comporte à l'extrémité destinée à former le vilebrequin un système de refroidissement constitué par des volumes d'acier, de fonte, ou de tout autre métal ou alliage approprié, formant des refroidisseurs RE. Ces refroidisseurs sont placés dans les boîtes à noyaux utilisées pour former les différents paquets de noyaux (en général un paquet par paire de cylindres)

20 Sur la figure 3a, on a représenté un refroidisseur RE, ainsi que deux chemises CH de cylindres, le noyau N étant tiré autour du refroidisseur et à l'intérieur des chemises.

Le refroidisseur est ici muni d'un trou central T qui permet de passer dans l'ensemble de refroidisseurs alignés une tige filetée ou analogue facilitant le serrage et la rigidification du paquet de noyaux central ainsi que son extraction après la coulée.

La figure 3b illustre une variante de réalisation du système de noyautage, dans lequel on pratique dans le paquet de noyaux un évidement E destiné à recevoir, après la formation des noyaux, un système de refroidisseur(s)

métallique(s) prévu au niveau de la semelle du moule (non représenté sur la figure 3).

En référence maintenant à la figure 4, on a représenté partiellement un paquet de noyaux réalisé
5 conformément à la figure 3b, ainsi que la semelle SE du moule comportant un refroidisseur unique RE reçu dans les évidements alignés des tronçons de noyau. On peut également prévoir plusieurs refroidisseurs au appui les uns contre les autres. Sur la figure 4, les évidements P formés dans
10 le refroidisseur RE constituent les espaces destinés à former les paliers de vilebrequin.

On notera ici qu'avantageusement, les surfaces refroidissantes sont conçues pour maximiser la surface de contact verticale généralement semi-circulaire avec les
15 paliers, ceci de manière à accélérer dans la mesure du possible le refroidissement de l'alliage liquide dans les régions P qui vont former les paliers, et ainsi obtenir des caractéristiques mécaniques optimales au niveau de ceux-ci.

Notamment, la distance L illustrée sur la figure 4 est
20 préférentiellement supérieure à 15 mm.

Le moule comporte par ailleurs un système de masselottage situé à l'opposé du système de refroidissement sus-décrit, les masselottes étant formées typiquement par des noyaux de sable. L'alliage liquide alimente le moule
25 par basculement au travers des masselottes, de façon à obtenir naturellement un gradient thermique favorable à la solidification, avec la température la plus élevée au niveau des masselottes et la température la plus basse dans la région opposée.

30 La figure 5 illustre à cet égard la structure d'ensemble du moule et de la pièce coulée.

Le moule comporte sa semelle SE, deux chapes C mobiles dans les directions indiquées par les flèches Fc sur la figure 5, des tiroirs mobiles verticalement (non représentés), une louche relais LR reliée à l'une des chapes C, un paquet de noyaux central PNC, des noyaux de masselottage M1, M2 et M3, le cas échéant des noyaux supplémentaires SU.

L'ensemble peut basculer autour d'un axe horizontal A de manière à effectuer un remplissage par basculement, calme, à partir de la louche relais LR.

On a également représenté sur la figure 5 des banquettes B, les chemises CH dans lesquelles sont formés les fûts de cylindres FC du paquet de noyaux, sur lesquels sont collées ou fixées autrement les banquettes B, et des noyaux E pour passages de circulation d'eau. Les zones de paliers de vilebrequin sont désignées par PV, tandis que la référence AR désigne la surface d'appui entre des tronçons adjacents du noyau, au niveau du refroidisseur RE. Cet appui entre les tronçons se réalise également au niveau des banquettes B.

Au bout du compte, le noyau central dans son ensemble est constitué de l'assemblage des différents tronçons de noyau, en appui les uns contre les autres au niveau des surfaces d'appui AR, et par la fixation, par collage vissage ou autre, des banquettes B sur lesquelles les noyaux E pour passages d'eau auront été préalablement fixés.

Grâce à un tel assemblage, on obtient un système de noyau central d'une très bonne rigidité, avec en conséquence de bonnes caractéristiques dimensionnelles des formes à l'intérieur du bloc-moteur.

Ce système de noyau forme également une structure en « cage » fermée par les banquettes B et les zones d'appui AR.

On va maintenant décrire en référence à la figure 6 la façon d'assurer un bon positionnement de la structure de noyau telle que décrite ci-dessus. On a ainsi représenté sur cette figure deux supports latéraux V et V' qui permettent tout d'abord d'aligner les chemises CH les unes par rapport à l'autre d'un tronçon de noyau à l'autre, alors que ces tronçons n'ont pas encore été solidarisés entre eux. Après avoir réalisé ce positionnement, on réalise l'immobilisation dans cette position de référence à l'aide de tout moyen adapté au niveau des surfaces d'appui AR des différents tronçons. Les supports latéraux V, V' sont ensuite escamotés vers le bas pour dégager les tronçons. L'assemblage est achevé comme illustré sur la figure 7, en positionnant les banquettes B et en les fixant sur les fûts FC, alors que la base du paquet de noyaux est collée ou fixée à un appui de référence APP au niveau de la semelle SE du moule.

Exemple

a) selon l'art antérieur

25

Un bloc moteur du type V8 d'une cylindrée de 5,7 litres est coulé avec un alliage d'aluminium de composition : Fe(0,35%) Si(7,3%) Cu(3,3%) Zn(0,20%) Mg(0,30%) Mn(0,14%), le reste étant de l'aluminium, à une température de 735°C, selon le procédé de coulée par gravité classique en soi.

30

Le moule a été préalablement positionné avec les paliers de vilebrequin vers le haut, sous les masselottes, comme décrit en référence à la figure 2 (art antérieur).

Le noyau possède des chemises en fonte usinées sur leur surface intérieure et extérieure. L'ensemble du moule est métallique, et les chemises sont portées par des fûts escamotables au travers de la semelle.

Le bloc après coulée est refroidi par air pulsé et débourré mécaniquement, puis soumis à un traitement thermique connu en soi, pendant 5 heures à une température 210°C (traitement connu de l'homme du métier sous la désignation « T5 »).

On obtient au niveau des paliers de vilebrequin, pour une population représentative, les caractéristiques mécaniques indiquées dans le tableau I ci-dessous.

Tableau I

	Rm (MPa)	Rpo2 (MPa)	A (%)	HB
Moyenne	243	226	0,40	101
Ecart-type	5,5	5,6	0,05	2,0

b) selon l'invention

Un bloc-moteur de même géométrie est réalisé avec le même alliage et à la même température, avec le procédé selon l'invention, avec une configuration de refroidissement de l'alliage au niveau des paliers telle qu'elle a été décrite en référence à la figure 3b.

Les chemises sont identiques à celles de l'exemple selon l'art antérieur.

Après refroidissement à l'air pulsé, le même traitement thermique (5 h à 210°C) est réalisé.

Le tableau II ci-dessous donne les propriétés mécaniques obtenues dans ce cas sur une population
5 représentative.

Tableau II

	Rm (MPa)	Rpo2 (MPa)	A (%)	HB
Moyenne	291	222	2,0	116
Ecart-type	4,5	5,0	0,06	2,0

La comparaison des tableaux I et II permet d'apprécier
5 l'amélioration des propriétés mécaniques, mesurées dans les
deux cas au niveau des paliers, et au même endroit dans ces
paliers.

On observe en particulier un accroissement de la
résistance mécanique Rm de l'ordre de 20 %, et une
10 multiplication par cinq de l'allongement.

En outre, le procédé selon l'invention apporte un
écart-type en termes de positionnement des chemises par
rapport au référentiel du bloc égal à 0,22 mm (écart-type
moyen pour l'ensemble des fûts), sensiblement inférieure à
15 l'écart-type de 0,25 mm obtenu avec le procédé de l'art
antérieur.

Bien entendu, l'homme du métier saura apporter à
l'invention de nombreuses variantes et modifications.

REVENDICATIONS

1. Procédé de coulée d'une pièce en alliage métallique tel qu'un alliage d'aluminium, et tout particulièrement de
5 coulée d'un bloc-moteur de moteur à combustion interne à cylindres, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- former un noyau possédant au moins un fût destiné à former dans la pièce un cylindre et au moins une cavité
10 destinée à former dans la pièce une zone d'appui et/ou de retenue pour un organe de travail tel qu'un vilebrequin, et au moins un refroidisseur au proche voisinage de la cavité,

- positionner le noyau dans une cavité de moule métallique, et

15 - alimenter le moule garni de son noyau en alliage liquide par gravité.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le noyau est formé par assemblage rigide d'un ensemble
20 de tronçons de noyau.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le positionnement du noyau est réalisé en positionnant les tronçons individuels dans le moule dans des positions
25 de référence respectives par rapport au moule, puis en solidarisant les tronçons entre eux.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la solidarisation des tronçons entre eux est réalisée
30 en fixant une ou plusieurs banquettes sur les tronçons.

5. Procédé selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que la solidarisation des tronçons comprend une mise en appui des tronçons entre eux au niveau de surfaces d'appui.

5

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les surfaces d'appui sont prévues au niveau de refroidisseurs appartenant aux tronçons respectifs.

10 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le ou chaque refroidisseur est intégré au noyau au cours de la formation dudit noyau.

15 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le ou chaque refroidisseur est rapporté dans le noyau après la formation dudit noyau.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la ou chaque cavité est définie au
20 points partiellement par un refroidisseur.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le ou chaque refroidisseur prévu dans le noyau est situé dans une région du noyau opposée à une
25 région de masselottes du moule.

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le refroidisseur ou au moins un refroidisseur est en appui sur une semelle du moule.

30

12. Moule pour la coulée d'une pièce en alliage métallique tel qu'un alliage d'aluminium, et tout particulièrement la

coulée d'un bloc-moteur de moteur à combustion interne à cylindres, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une enveloppe métallique définissant une cavité de moule,

5 - un noyau possédant au moins un fût destiné à former dans la pièce un cylindre et au moins une cavité destinée à former dans la pièce une zone d'appui et/ou de retenue pour un organe de travail tel qu'un vilebrequin, et au moins un refroidisseur au proche voisinage de la cavité,

10 - des moyens de positionnement du noyau dans la cavité de moule, et

- un masselottage dans une région supérieure du moule pour son alimentation en alliage liquide par gravité.

15 13. Moule selon la revendication 12, caractérisé en ce que le noyau comprend un assemblage rigide d'un ensemble de tronçons de noyau.

20 14. Moule selon la revendication 13, caractérisé en ce que les moyens de positionnement du noyau sont aptes à positionner les tronçons individuels dans le moule dans des positions de référence respectives par rapport au moule, et en ce qu'il est prévu des moyens de solidarisation des tronçons entre eux.

25 15. Moule selon la revendication 14, caractérisé en ce que le noyau comprend une ou plusieurs banquettes fixées sur les tronçons et aptes à solidariser les tronçons entre eux.

30 16. Moule selon l'une des revendications 14 et 15, caractérisé en ce que les tronçons de noyau comprennent des surfaces d'appui mutuel des tronçons.

17. Moule selon la revendication 16, caractérisé en ce que les surfaces d'appui sont prévues au niveau de refroidisseurs appartenant aux tronçons respectifs.

5 18. Moule selon l'une des revendications 12 à 17, caractérisé en ce que le ou chaque refroidisseur est intégré au noyau au cours de la formation dudit noyau.

10 19. Moule selon l'une des revendications 12 à 17, caractérisé en ce que le ou chaque refroidisseur est rapporté dans le noyau après la formation dudit noyau.

15 20. Procédé selon l'une des revendications 12 à 19, caractérisé en ce que la ou chaque cavité est définie au pions partiellement par un refroidisseur.

20 21. Procédé selon l'une des revendications 12 à 20, caractérisé en ce que le ou chaque refroidisseur prévu dans le noyau est situé dans une région du noyau opposée à une région de masselottes du moule.

25 22. Procédé selon l'une des revendications 12 à 21, caractérisé en ce que le refroidisseur ou au moins un refroidisseur est en appui sur une semelle du moule.

23. Procédé selon l'une des revendications 12 à 22, caractérisé en ce que l'enveloppe de moule est dépourvue de circuits de refroidissement.